

E-Mail: [mocos.international@gmail.com](mailto:mocos.international@gmail.com)

## MOCOS COVID-19 STUDIE ZU DEN BEVORSTEHENDEN SCHULÖFFNUNGEN IN RHEINLAND-PFALZ

WOLFGANG BOCK, JAN PABLO BURGARD, AND THOMAS GÖTZ

**ZUSAMMENFASSUNG.** Semi-realistische Mikrosimulationen für Rheinland-Pfalz auf der Basis unseres Modells ergeben starke Hinweise darauf, dass die Öffnung der Schulen zusammen mit der Lockerung der Kontaktreduktion nur unter einer sehr großen Immunität sicher durchgeführt werden kann. Die Öffnung der Schule für einzelne Jahrgangsstufen ist mit starken Hygiene und sozialen Abstandsregeln möglich, wenn der Rest der Bevölkerung sich ebenfalls an sehr starke Kontakteinschränkungen hält und eine signifikante Immunisierung gegeben ist. Die Öffnung der Schulen und des öffentlichen Lebens ist unserer Ansicht nach zum jetzigen Zeitpunkt verfrüht.

### DISCLAIMER

Diese Studie nutzt Resultate und Programme der MOCOS International research group welche in Wrocław im Februar 2020 gegründet wurde.

### 1. EINLEITUNG

Das rheinland-pfälzische Bildungsministerium hat über Elternbriefe ein schrittweise Öffnung der Schulen, beginnend mit den Abschlussklassen der Gymnasien, der Berufsoberschulen, dem dritten Ausbildungsjahr der Berufsschule und der 3-jährigen Berufsfachschule. In einem zweiten Schritt sollen eine Woche versetzt ebenfalls an Gymnasien und IGS die JGS 10,11 und 12., an Realschulen+ und Förderschulen die JGS 9 und 10 und die Klassenstufe 4 der Grundschulen zum 04.05.2020 geöffnet werden. In den Klassenräumen sollen sich maximal 15 Schülerinnen und Schüler in einem Abstand von 1,5m aufhalten. Da dies bei den bisherigen Klassengrößen auch ein logistisches Problem ist, soll der Unterricht im wöchentlichen Wechsel zu Hause und an der Schule stattfinden. Schülerinnen und Schülern aus Haushalten mit Risikogruppen wird empfohlen zuhause zu bleiben.

Desweiteren werden im Rahmen der Lockerung der Maßnahmen gegen die Ausbreitung von COVID-19, angekündigt am 15.04.2020 durch die Bundesregierung und die Regierungen der Länder, Geschäfte mit einer Quadratmeterzahl unter 800 wieder geöffnet.

In dieser Studie wollen wir den Einfluss der Erhöhung der Kontakte ausserhalb des eigenen Haushalts welche durch die obigen Änderungen einhergehen, auf den Krankheitsverlauf simulieren und die Auswirkungen diskutieren. Hierzu werden verschiedene Szenarien, wie etwa die Öffnung der Schulen für einzelne Jahrgänge simuliert. Wir kombinieren dies mit verschiedenen Szenarien für die Gesamtbevölkerung, wie der Öffnung von Geschäften (modelliert über eine Erhöhung der Kontaktrate) unter Annahme von verschiedenen Immunisierungsraten.

Unsere Simulationen belegen, dass eine Öffnung der Schulen, wenn es sich auch

lediglich nur um einzelne Jahrgangsstufen handelt nur zu empfehlen ist, wenn eine genügend große Immunisierungsrate vorliegt. Sollte dies nicht der Fall sein, bzw. sollte hierüber keine klare Datenlage existieren, so kann eine Öffnung zu einem so großen Anstieg der kritischen Krankheitsfälle führen, dass das Gesundheitssystem in Rheinland-Pfalz diesem nicht mehr Herr werden kann.

**1.1. Modellbeschreibung.** Wir nutzen ein agenten-basiertes SIR-Modell zur Beschreibung der Ausbreitung von COVID-19. Das Modell ist ein nicht-markoffscher stochastischer zeitstetiger Prozess, welcher auf der Infektionswahrscheinlichkeit von suszeptiblen mit infizierten Individuen basiert. Die Kontaktstruktur ausserhalb des Haushalts ist durch einen gerichteten Zufallsgraphen gegeben, wobei jeder dessen Knoten einem infizierten Individuum entspricht. Der Grad dieses Knotens kann als die Zahl der Infektionen durch dieses Individuum interpretiert werden.

**Populationsstruktur:** Unsere Samplepopulation basiert auf einer syntetischen Reproduktion des Mikrozensus in Rheinland-Pfalz (2014)<sup>9</sup> und beinhaltet Alters- und Haushaltszusammensetzung. Da wir hier an einer konzeptionellen Fragestellung interessiert sind, wurden detailliertere Strukturen wie räumliche Verteilung, Geschlecht, Beruf und Gesundheitszustand vernachlässigt.

**Patientenbasierte Krankheitsentwicklung:** Die Covid-19 Entwicklung zwischen Patienten wurde basierend auf dem aktuellen medizinischen Wissen modelliert. Die Inkubationszeit folgt einer log-normalen Verteilung mit Median 3.92 und Varianz 5.516. Die Altersabhängigkeit der Hospitalisierungsrate bzw. eines schweren oder kritischen Krankheitsverlaufs, welcher die Verlegung auf eine Intensivstation notwendig macht, kann Tabelle 1 entnommen werden.

Symptome	Altersklassen			
	0-40	40-50	50-60	60-70
asymptomatisch	0.006	0.006	0.006	0.006
mild	0.845	0.842	0.826	0.787
stark	0.144	0.144	0.141	0.134
kritisch	0.004	0.008	0.027	0.073

TABELLE 1. Altersabhängigkeit der Wahrscheinlichkeit verschiedene Stufen von Symptomen zu entwickeln. Die Todesrate wurde mit 49% der kritischen Fälle angenommen.

Die Zeit bis zur Hospitalisierung gemessen vom Auftreten der ersten Symptome ist Gamma verteilt mit Median 1.67 und Varianz 7.424<sup>10</sup> Patienten ohne starke Symptome bleiben gegebenenfalls zu Hause. Die Zeit der selbstaufgelegten Quarantäne nach dem Eintreffen von Symptomen nehmen wir an als Gamma verteilt mit Median 2.31. und Varianz 8.365.<sup>11</sup> Die maximale Dauer der infektiösen Phase beträgt 14 Tage.<sup>12</sup>

**Kontaktstruktur und Infektion:** In den Haushalten nehmen wir eine Cliquenkontaktstruktur an. Empirische Studien haben gezeigt, dass ein großer Anteil der Zweitinfektionen im Haushalt stattfindet.<sup>13</sup> Daher haben wir angenommen, dass die Infektionswahrscheinlichkeit, dass ein Mitglied eines Haushalts durch ein bereits infiziertes Mitglied des selben Haushalts infiziert wird und welches für die Zeit  $T$  infektiös ist, wie  $1 - \exp(-T/L)$  skaliert, wobei  $L + 1$  die Haushaltsgröße

ist. Hierbei wird  $T$  in Tagen gemessen. Ausserhalb der Haushalte nehmen wir an, dass infizierte Individuen im Mittel  $c \cdot T$  Sekundärinfektionen verursachen, bedingt dass alle Kontakte suszeptible sind;  $c$  ist hierbei ein intrinsischer Parameter. Die Zeit  $T$  in der ein Individuum infektiös ist unterscheidet sich bei Inner- und Ausserhaushaltskontakten. Die Ausserhaushaltsreproduktionszahl  $R^*$  ist definiert als der Erwartungswert  $c \cdot T$ , der unter unseren Annahmen etwa  $2.34c$  beträgt. Die Anzahl der Sekundärinfektionen eines Individuums ausserhalb des Haushalts wird als Poisson-verteilt mit Mittelwert  $(c \cdot T)$  angenommen. Die vollständige Reproduktionszahl  $R_0$  ist gegeben durch die Summe von  $R^*$  und der Anzahl der Sekundärinfektionen innerhalb der Haushalte. Die Dauer der Infektivitätszeit  $T$  hängt implizit vom Alter ab. Dies kommt daher, dass die Infektivitätszeit für Individuen mit schwerem Krankheitsverlauf reduziert wird, da die Patienten hospitalisiert werden. Ein schwerer Verlauf ist wahrscheinlicher für ältere Infizierte. Die Ausserhaushaltskontaktstruktur ist hier absichtlich möglichst einfach gewählt um nur einen relevanten und einfach zu interpretierbaren Parameter in unserem Modell zu haben.

**Testen und Quarantäne:** Der Effekt von Testen mit Haushaltsquarantäne wurde in unser Modell eingebaut. Hierzu nehmen wir an, dass Individuen mit starken Symptomen immer gefunden werden. Patienten mit milden Symptomen werden zwei Tage nach dem Eintreten der Symptome mit einer Wahrscheinlichkeit von 10% gefunden. Ein Auffinden resultiert in einer Quarantäne des gesamten Haushalts, d.h. alle Ausserhaushaltskontakte für alle Mitglieder des Haushalts werden gestoppt.

## 2. SZENARIO SCHULÖFFNUNG

**2.1. Immunisierung.** Der Grad der Immunisierung, also der Anteil der Personen, die die Krankheit bereits überstanden und gegen das Virus immun sind, spielt bei der Entwicklung der Krankheitsdynamik eine essenzielle Rolle. Natürlich lässt sich dieser nicht sehr genau bestimmen, da nur Zahlen über die getesteten Fälle und die Anzahl der Tests vorliegen. Stand heute (19.04.2020) gab es in Rheinland-Pfalz 5493 bestätigte Fälle von COVID-19 davon 107 Todesfälle und 3419 genesene Fälle (<https://msagd.rlp.de/>).

Ginge man davon aus, dass 5% der Menschen in Rheinland-Pfalz immunisiert sind, so würde sich dies um etwa 204000 handeln. Dies entspräche einer Aufdeckungsrate von etwa 2,7% der COVID-19-Fälle bzw. einer Dunkelziffer von etwa 200000 Fällen. Es ist daher anzunehmen, dass sich die Immunisierung deutlich unter diesem Wert bewegt. Da wir den genauen Wert nicht ermitteln können, präsentieren wir die Ergebnisse unserer Simulationen für verschiedene Grade der Immunisierung (0.5%, 1%, 2%, 4% und 8%).

**2.2. Anzahl der Infizierten zu Beginn.** Die Anzahl der zu Beginn Infizierten lässt sich ebenso wie die Dunkelziffer nur sehr schwer vorhersagen. In unsere Berechnungen gehen wir von 100 Infizierten zu Beginn der Simulation aus. Dies entspricht in etwa 5% der aktiven Fälle in Rheinland-Pfalz. Wir gehen also davon aus, dass 95% der Fälle bisher aufgefunden worden sind. Diese Annahme ist sicherlich konservativ.

**2.3. Erläuterung zur Wahl der Kontaktraten.** Für Deutschland und Berlin wurde in<sup>7</sup> ein  $R^*$  von 3.04 bzw. 3.88 nachgewiesen. Für Rheinland-Pfalz nehmen

wir  $R^* = 3$  an, was einer konservativen unteren Abschätzung entspricht. Unsere Simulationen basieren, neben der Haushaltskontaktrate, auf zwei Kontaktraten: a) der innerschulischen Kontaktraten unter den Schülerinnen und Schülern und b) der Außerhaushaltskontaktraten der übrigen Population. Sicherlich ist die Kontaktrate der Schülerinnen und Schüler nach Öffnung der Schulen höher als die der übrigen Individuen. Wir haben für unsere Simulationen zwei Werte genutzt, einmal ein  $R^* = 1,16$  (39% der Kontakte vor dem 15.03.2020) und einmal ein  $R^* = 1,86$  (62% der Kontakte vor dem 15.03.2020). Für den Anteil der Bevölkerung der nicht in die Schule geht, nehmen wir zwei Szenarien an, starke Quarantänemaßnahmen ( $R^* = 0.34$  oder 11,5% der Kontakte vor dem 15.03.2020) und gemilderte Quarantänemaßnahmen ( $R^* = 0.7$  oder 23,3% der Kontakte vor dem 15.03.2020).

**2.4. Erläuterung zu Haushaltsquarantäne und Detektion.** Wir nehmen für die Simulation an, dass 10 % der milden Fälle und 100% der kritischen Fälle detektiert und in Haushaltsquarantäne versetzt werden. In diesem Zustand sind sie nicht mehr infektiös. Im Vergleich mit der Berechnung zur Immunisierung, ist diese Annahme gerechtfertigt.

**2.5. Ergebnisse und Diskussion.**

**Starke Quarantänemaßnahmen  $R^*=0,34$  (11,5% der Kontakte vor dem 15.03.2020)**

Immunitisierung	0,5 %		1 %		2 %		4 %		8 %	
	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)
ohne Schulöffnung	432	9	406	8	397	7	390	7	359	7
Schulkontakttrate	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)
39% von vor dem 15.03.20	99336	1135	99533	1149	80155	838	54466	503	13202	111
Öffnung für JGS 12	69%	71%	79%	71%	80155	838	54466	503	13202	111
Öffnung für JGS 11-12	105114	1202	101455	1154	74749	815	46233	432	33119	318
Öffnung für JGS 10-12	103924	1205	100832	1164	99258	1242	78%	68025	677	23791
Öffnung für JGS 12	270367	3392	265897	3320	256115	3236	237202	2927	204298	2445
Öffnung für JGS 11-12	267321	3430	262684	3325	254565	3225	234740	2908	203318	2439
Öffnung für JGS 10-12	268685	3386	262206	3276	255432	3205	236891	2889	203819	2409

**Milde Quarantänemaßnahmen  $R^*=0,7$  (23,3% der Kontakte vor dem 15.03.2020)**

Immunitisierung	0,5 %		1 %		2 %		4 %		8 %	
	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)
ohne Schulöffnung	23541	425	26041	476	19210	353	7981	167	3866	72
Schulkontakttrate	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)	Prävalenz nach 1 Jahr (Median)	Tote nach 1 Jahr (Median)
39% von vor dem 15.03.20	768182	14294	739579	13772	690824	12722	572341	10222	353210	5938
Öffnung für JGS 12	761270	14125	731045	13449	682513	12540	565452	10121	334581	5517
Öffnung für JGS 11-12	769650	14292	734271	13462	679566	12496	572227	10250	378321	6430
Öffnung für JGS 10-12	937896	17639	912162	17042	870073	16245	786589	14451	625195	11328
Öffnung für JGS 11-12	937205	17547	911233	17072	872714	16151	782948	14452	628174	11388
Öffnung für JGS 10-12	941721	17549	915097	17112	866052	16203	781010	14412	628582	11411

ABBILDUNG 1. Tote und Prävalenzen für die Szenarien der Schulöffnungen und verschiedene Ausserhaushaltskontaktraten

Die Tabellen zeigen, dass eine Lockerung der Kontaktreduktion mit Schulöffnung für einzelne Jahrgangsstufen nur erfolgreich durchgeföhrt werden kann, wenn bereits eine genügend hohe Immunsierung vorliegt. Eine ungefähre Verdopplung der Auserhaushaltskontakte von 11,5% auf 23,3% resultiert bei geringen Immunsierungsraten in einer Versiebenfachung der Prävalenz und einer mindestens Verfünffachung der Toten. Bis auf kleine statistische Ausreißer spielt es nur eine geringfügige Rolle, ob man die Schule für eine Jahrgangsstufe oder für mehrere öffnet. Bei milden Quarantänemaßnahmen ist es zu erwarten, dass selbst bei einer Immunsierung von etwa 8% das Gesundheitssystem der Epidemie in diesem Szenario nicht standhalten kann.

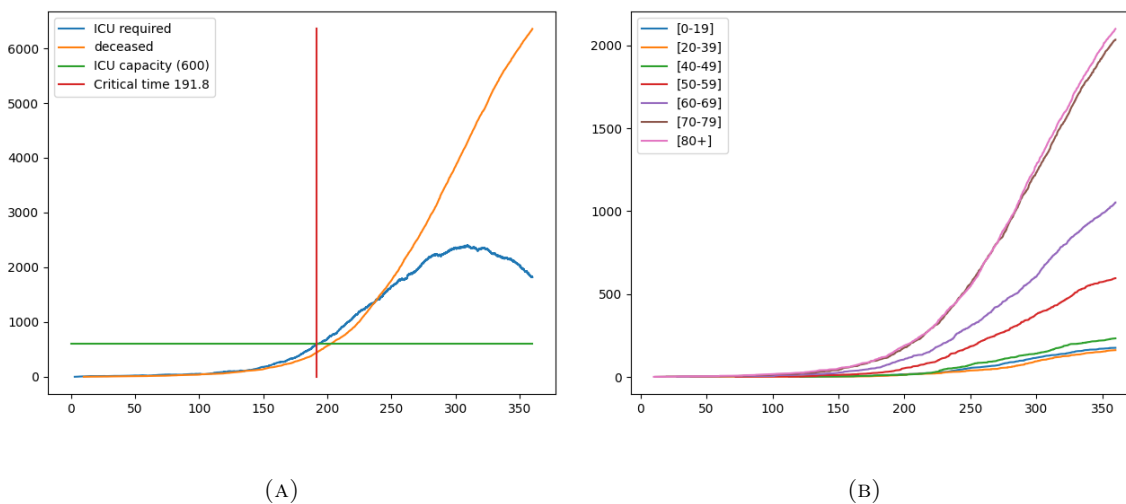


ABBILDUNG 2. Beispiel eines Epidemieverlaufs für das Szenario 'Milde Quarantänemaßnahmen' mit 'Öffnung der Schule für die JGS 12' mit einer Kontaktreduktion auf 39% und einer Immunsierung von 8%. Links das Überschreiten der Intensivbettenkapazität von 600 Betten. Rechts die Altersaufschlüsselung der Toten in diesem Beispiel.

Die mittlere Zeit, in der im Szenario 'Milde Quarantänemaßnahmen' mit 'Öffnung der Schule für die JGS 12' mit einer Kontaktreduktion auf 39% und einer Immunsierung von 8% die angenommene Kapazität von 600 Intensivbetten überschritten wird ist 210,4 Tage und damit vergleichsweise weit entfernt vom Datum der Reduktion der Maßnahmen.

### 3. ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Semi-realistische Mikrosimulationen für Rheinland-Pfalz auf der Basis unseres Modells ergeben starke Hinweise darauf, dass die Öffnung der Schulen zusammen mit der Lockerung der Kontaktreduktion nur unter einer sehr großen Immunität sicher durchgeföhrt werden kann. Die Öffnung der Schule für einzelne Jahrgangsstufen ist mit starken Hygiene und sozialen Abstandsregeln möglich, wenn der Rest der Bevölkerung sich ebenfalls an sehr starke Kontakteinschränkungen hält und

eine signifikante Immunisierung gegeben ist. Einer der Hauptgründe für diese Resultate ist, wie bereits in<sup>7</sup> beschrieben, die Haushaltsstruktur. Infektionen innerhalb des Haushalts können für Patienten mit mildem Krankheitsverlauf kaum vermieden werden. Eine kleine Anzahl der Kontakte zwischen Haushalten kann die Epidemie bereits überkritisch werden lassen. Diese Ausserhaushaltsinfektionen werden durch die Schulöffnung und die Lockerung der Kontaktreduktionen begünstigt. Falls die Kontaktreduktion nicht bis zum Auslaufen der Krankheit beibehalten wird, droht eine zweite Krankheitswelle.<sup>8</sup> Um die Epidemie zu kontrollieren ist es notwendig bis zum Auslaufen zu warten. Wir raten stark dazu die Kontaktreduktionen mit einer effizienten und extensiven Teststrategie zu verbinden, welche Personen mit charakteristischen Symptomen aber unbekannter Kontakthistorie beinhaltet. Die Öffnung der Schulen und des öffentlichen Lebens ist unserer Ansicht nach zum jetzigen Zeitpunkt verfrüht.

#### LITERATUR

- [1] Qualls, N., Levitt, A., Kanade, N., Wright-Jegede, N., Dopson, S., Biggerstaff, M., ... & Levitt, A. (2017). Community mitigation guidelines to prevent pandemic influenza—United States, 2017. *MMWR Recommendations and Reports*, 66(1), 1.
- [2] Hollingsworth, T. D., Klinkenberg, D., Heesterbeek, H., & Anderson, R. M. (2011). Mitigation strategies for pandemic influenza A: balancing conflicting policy objectives. *PLoS computational biology*, 7(2).
- [3] Anderson, R. M., Heesterbeek, H., Klinkenberg, D., & Hollingsworth, T. D. (2020). How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic?. *The Lancet*, 395(10228), 931-934.
- [4] Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J.,...& Niu, P. (2020). China Novel Coronavirus Investigating and Research Team. A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med*, 382(8), 727-733.
- [5] Wu, J. T., Leung, K., Bushman, M., Kishore, N., Niehus, R., de Salazar, P. M., ... & Leung, G. M. (2020). Estimating clinical severity of COVID-19 from the transmission dynamics in Wuhan, China. *Nature Medicine*, 1-5.
- [6] Liew, M. F., Siow, W. T., MacLaren, G., & See, K. C. (2020). Preparing for COVID-19: early experience from an intensive care unit in Singapore. *Critical Care*, 24(1), 1-3.
- [7] Chao, D. L., Halloran, M. E., Obenchain, V. J., & Longini Jr, I. M. (2010). FluTE, a publicly available stochastic influenza epidemic simulation model. *PLoS computational biology*, 6(1).
- [8] Ferguson, N. M., Laydon, D., Nedjati-Gilani, G., Imai, N., Ainslie, K., Baguelin, M., ... & Dighe, A. (2020). Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. London: Imperial College COVID-19 Response Team, March, 16.
- [9] Forschungsdatenzentren der statistischen Ämter des Bundes und der Länder, Mikrozensus 2014, SUF, (2018), <https://doi.org/10.21242/12211.2014.00.00.3.1.0>
- [10] Lauer, S. A., Grantz, K. H., Bi, Q., Jones, F. K., Zheng, Q., Meredith, H. R., ... & Lessler, J. (2020). The incubation period of coronavirus disease 2019 (COVID-19) from publicly reported confirmed cases: estimation and application. *Annals of Internal Medicine*.
- [11] Linton, N. M., Kobayashi, T., Yang, Y., Hayashi, K., Akhmetzhanov, A. R., Jung, S. M., ... & Nishiura, H. (2020). Incubation period and other epidemiological characteristics of 2019 novel coronavirus infections with right truncation: a statistical analysis of publicly available case data. *Journal of Clinical Medicine*, 9(2), 538.
- [12] World Health Organization. (2020). Report of the who-china joint mission on coronavirus disease 2019 (covid-19). Available on-line: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf>.
- [13] Liu, Y., Eggo, R. M., & Kucharski, A. J. (2020). Secondary attack rate and superspreading events for SARS-CoV-2. *The Lancet*.
- [14] Federal Health reporting Germany, Indikatoren des Gesundheitswesens, Available on-line: <http://www.gbe-bund.de/glossar/Intensivbetten.html>, (2012)

- [15] Weigl, W., Adamski, J., Gorynski, P., Kanski, A., & Hultström, M. (2018). ICU mortality and variables associated with ICU survival in Poland: a nationwide database study. *European Journal of Anaesthesiology (EJA)*, 35(12), 949-954.
- [16] Statistisches Bundesamt, Press release No. N 011 of 13 March 2020, Available on-line: [https://www.destatis.de/EN/Themes/Society-Environment/Health/Hospitals/\\_node.html](https://www.destatis.de/EN/Themes/Society-Environment/Health/Hospitals/_node.html), (2020)

**MOCOS Poland:** B. Adamik, M. Bawiec, V. Bezbordov, M. Bodych, T. Krueger, A. Migalska, T. Ożański, B. Pabjan, E. Rafajłowicz, W. Rafajłowicz, E. Skubalska-Rafałowicz, S. Ryfczyńska, E. Szczurek, P. Szymański

**MOCOS Germany:** W. Bock, J. P. Burgard, Y. Jayathunga, T. Götz, F. Schmid, A. Sherly

TECHNISCHE UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN, FACHBEREICH MATHEMATIK

*E-mail address:* [bock@mathematik.uni-kl.de](mailto:bock@mathematik.uni-kl.de)

UNIVERSITÄT TRIER, FACHBEREICH IV - VWL LEHRSTUHL FÜR WIRTSCHAFTS- UND SOZIAL-STATISTIK

*E-mail address:* [burgardj@uni-trier.de](mailto:burgardj@uni-trier.de)

UNIVERSITÄT KOBLENZ, FACHBEREICH 3: MATHEMATISCHES INSTITUT

*E-mail address:* [goetz@uni-koblenz.de](mailto:goetz@uni-koblenz.de)